



**HAL**  
open science

## Modèle de population structuré en taille dans une Aire Marine Protégée en zone de mangrove.

Timothée Brochier, Jean-Marc Ecoutin, Luis Tito de Morais, David Kaplan,  
Raymond Laë

### ► To cite this version:

Timothée Brochier, Jean-Marc Ecoutin, Luis Tito de Morais, David Kaplan, Raymond Laë. Modèle de population structuré en taille dans une Aire Marine Protégée en zone de mangrove.. Contribution des aires marines protégées à la gestion écosystémique des milieux et de leurs usages : quelle stratégie scientifique ?, 2011, MNHN, Paris, France. 2011. hal-01483081

**HAL Id: hal-01483081**

**<https://hal.science/hal-01483081>**

Submitted on 2 Mar 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Modèle de population structuré en taille dans une Aire Marine Protégée en zone de mangrove.

Timothée Brochier<sup>(1)</sup>, Jean Marc Ecoutin<sup>(1)</sup>, Luis Tito de Morais<sup>(1)</sup>, David Kaplan<sup>(2)</sup>, Raymond Lae<sup>(1)</sup>.

(1) - Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – UMR LEMAR 195/6539 (CNRS/IRD/UBO) - BP 1386 Dakar, Sénégal

(2) - Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, Av. Jean Monnet, B.P. 171 34203 Sete cedex France

## INTRODUCTION

Les aires marines protégées (AMP) sont de plus en plus utilisées comme outil de gestion des pêches en Afrique de l'Ouest. Afin de tirer le meilleur parti de ce nouvel outil, il convient de comprendre l'impact des AMP sur l'organisation des peuplements à l'intérieur et à l'extérieur de la zone mise en réserve. En effet, on connaît peu ces impacts notamment dans le cas des estuaires où les peuplements présentent des traits écologiques et des histoires de vie complexes en liaison avec des écophases marines et estuariennes.

De ce point de vue, la modélisation apporte des éclairages complémentaires aux observations directes et aux analyses statistiques en permettant une meilleure

compréhension de la dynamique des changements observés. Elle peut permettre d'estimer par ailleurs l'importance du spill-over, domaine controversé dans lequel il existe peu de travaux dans la littérature sur les AMPs.

Ce type d'approche a été développé ici sur la base d'un modèle multi-agents appliqué à l'AMP de Bamboung au Sénégal. Cette AMP estuarienne est située dans une zone de mangrove dans le delta du Sine-Saloum, et fait l'objet d'un suivi biologique depuis 2003, avant la fermeture de la pêche. Après cette année de référence un suivi a été mis en place à raison de trois campagnes d'échantillonnage par an. Ce suivi a montré d'importants changements dans la nature et la structure des populations de poissons.

## Matériel et Méthode

### Le modèle «multi-agents»

Nous avons utilisé le modèle OSMOSE, modèle spatialisé, individu-centré (donc multi-agents), de flux d'énergie à travers un écosystème structuré en taille (Shin, ). OSMOSE est l'un des seuls modèles de dynamique trophique multi-agent existant. Les espèces y sont principalement décrites par leurs équations de croissance (von Bertalanffy), leurs relations allométriques, les valeurs de fécondité relative et les rapports de taille prédateur/proie. Ce modèle a été utilisé pour une étude exploratoire des effets d'AMP théoriques en pleine mer. Notre étude se situe à une échelle spatiale nettement inférieure, dans une zone estuarienne, et vise à reproduire une dynamique réelle observée.

Nous avons donc procédé à une adaptation d'OSMOSE aux spécificités des populations de poissons en estuaire, soit principalement (1) des histoires de vie estuarienne n'impliquant que certaines écophases, (2) des stratégies de déplacement des prédateurs liées à la présence de proies potentielles. Par ailleurs, les relations prédateur/proie sont régies par les rapports de longueur et de hauteur entre les poissons. En effet, la seule considération de la longueur ne permettait pas une bonne représentation de la réalité observée, notamment pour les espèces ayant des formes plus allongées ou plus hautes que la moyenne.

### Configuration Bamboung

Le domaine modélisé englobe la zone protégée et une partie du bras de l'estuaire connexe (fig.1). Les espèces écologiquement similaires ont été regroupées selon leurs traits trophiques en 15 groupes et 4 catégories représentant 97% de la biomasse totale (tableau 1). Les préférences et les régimes alimentaires sont définis à partir d'observations de terrain (contenus stomacaux), des connaissances des auteurs et de la littérature en dernier recours.

Tableau 1 : « Méta-espèces » (groupes d'espèces) modélisées.

Modèle	Espèce type	Espèces associées	Catégorie écologique	Catégorie trophique	Catégorie modèle
Gerres	GNI	GME	Es	p1-mc	A (vivent et se reproduisent dans l'AMP)
Mulet	LFA	LDU MCU MBA LGR MCE	Em-ME	he-de	
Tilapia	THE	TGU	Es	he-ph	
Petits prédateurs	PSB	CST	Em	p2-ge	
Ethmalose	EFI		Em	he-ph	
Sardinelle	SEB	IAF SAU	ME	p1-zo	B (ne sont présents qu'au stade juvénile)
Pomadasys	PJU	PPE TFA PIN	Em	p1-bt	
Elops	ELA	ELS	ME	p2-pi	
Macrophages Estuariens	CHL	BAU DAF VSE	ME	p1-mc	C (arrivent juvénile et restent sauf pour reproduction)
Dasyatis	DAM	DMA	Em	p1-bt	
Mérou	LGO	EAE LUD	Ma	p2-pi	
Arius	AGA	ARP AHE	ME	p2-ge	
Prédateurs estuariens	GDE	PLM PBR PEL PTY	ME-Em	p2-ge	D (présence de courte durée à des fins trophiques)
Requins	CLC		Mo	p2-pi	
Grands prédateurs	POQ	SPI SGU TLE	ME	p2-pi	

Six compartiments représentent les bas niveaux trophiques (phyto- et zooplancton, macro-, meio- et micro- benthos, crevettes et crabes). Leurs productivités annuelles ont été paramétrées à partir d'observations réalisées in situ pour le zoo et le phytoplancton (voir remerciements) et des résultats d'un modèle Ecopath développé sur cette zone (Colleter et al., Soumis). En première approximation le milieu est considéré uniforme, et la pression de pêche pré-AMP homogène avec un taux de mortalité par pêche (F) de 0.7 pour tous les poissons de plus de 10 cm.

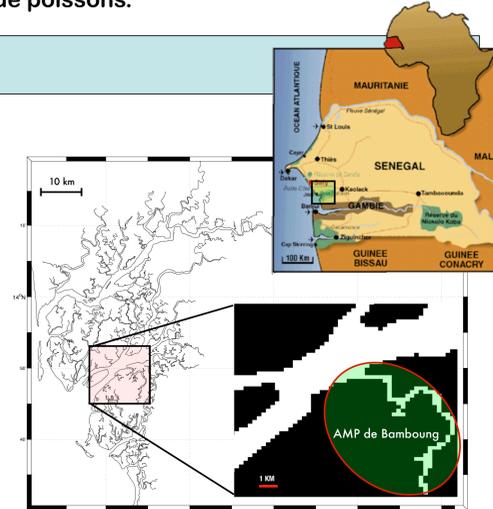


Figure 1 : Delta du Sine-Saloum, Sénégal. En bas à droite : Grille spatiale du modèle (résolution : 250m).

La calibration a été réalisée de façon à reproduire les biomasses observées avant la mise en défens. Les résultats présentés ici proviennent d'une première calibration faite « à dire d'expert ». Les essais réalisés à l'aide d'un algorithme génétique n'ont pas encore abouti, tout en ayant permis un important débogage du modèle ainsi que des améliorations conséquentes de la représentation de la reproduction des espèces de catégorie A (tableau 1).

## Résultats

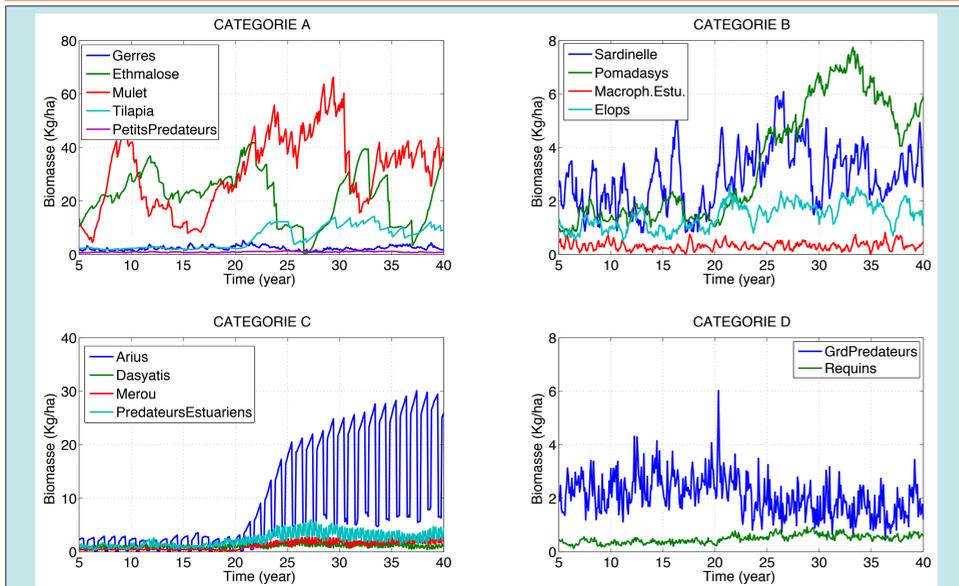


Figure 2 : Séries temporelles de biomasse pour chaque «méta-espèce» modélisée. La mise en défens du bolon de Bamboung commence à t = 20ans.

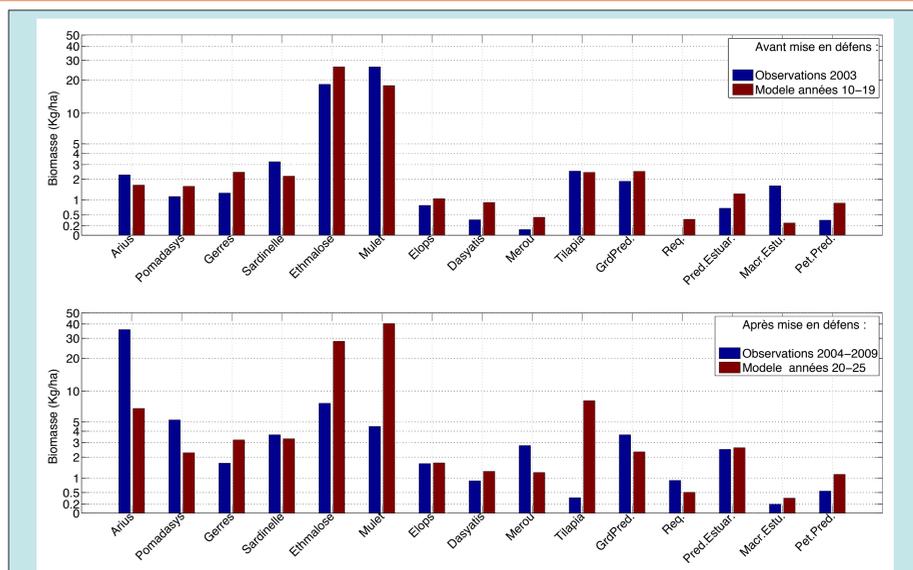


Figure 3 : Comparaison modèle - observations (1) avant la mise en défens de l'AMP, (2) après mise en défens de l'AMP. (échelle logarithmique)

## Conclusions

- Après calibration, le modèle représente de manière tout à fait satisfaisante la situation de référence de l'AMP en 2003 (fig. 3 haut).
- Les augmentations de biomasse observées après mise en défens, pour les espèces des catégories B et C, sont bien reproduites par le modèle. De même pour le groupe «requins» (fig. 2 et fig. 3 bas).
- La variabilité temporelle la plus grande concerne les espèces de catégorie A. Les observations montrent une diminution de biomasse des groupes ethmalose, mulet et tilapia, diminution qui n'est pas reproduite par le modèle. Ceci est à mettre en parallèle avec la biomasse des grands prédateurs, qui diminue dans le modèle (due probablement à la compétition avec la catégorie c) mais augmente dans les observations (fig.3). Ce point est en cours d'investigation et pourrait venir (1) d'une mauvaise définition des régimes alimentaires des grands prédateurs principalement pour des raisons d'accessibilité des proies potentielles, et donc d'une surestimation de la prédation sur les prédateurs estuariens et les pomadasys et d'une sous-estimation de cette prédation sur les ethmaloses, les mulets et les tilapias ; et/ou (2) d'un effet « sanctuaire » qui pourrait attirer les grands prédateurs dans l'amp mais qui n'est pas pris en compte explicitement dans le modèle.
- le spillover calculé par le modèle provient principalement de phénomènes de diffusion à la limite de l'AMP (fig. 4a). Cependant, les espèces impliquées appartiennent à la catégorie a, pour laquelle nous avons déjà constaté un biais (fig. 3 et fig. 4b). Par contre, un quart du spillover serait dû aux espèces des catégories b et c, dont le modèle représente les biomasses de façon satisfaisante.

## Remerciements

Les concentrations en zoo- et phytoplancton ont été estimées avec l'aide de Marc Pagano et Marc Bouvy, et d'après de données collectées par Jaques Panfili. Gaspard Bertrand a participé à la phase de calibration. Nous remercions également le CRODT pour son accueil et sa collaboration. Ce travail est une contribution au programme d'ANR AMPHORE.

## REFERENCES

- Albaret, J.-J., Simier, M., 2005. Suivi biologique des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove : le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Rapport final, Dakar, juillet 2005
- Sow, I., Guillard, J., 2010. Suivi par hydroacoustique du peuplement piscicole d'une Aire Marine Protégée du Sine-Saloum (Sénégal): bilan 2003-2007. J. Sci. Hal. Aquat., 1:21-32
- Yemane, D., Shin, Y.-J., Field, J.G., 2009. Exploring the effect of Marine Protected Areas on the dynamics of fish communities in the southern Benguela: an individual-based modelling approach. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 66, 378 -387.

## Calcul du spillover

Spillover par migration = [individus en cours de migration de reproduction] + [individus ressortants en mer après avoir atteint leur taille maximale dans le bolon]

Spillover par diffusion = [biomasse moyenne hors AMP avant la mise en défens] - [biomasse moyenne hors AMP après la mise en défens]

Spillover total = [Spillover par migration] + [Spillover par diffusion]

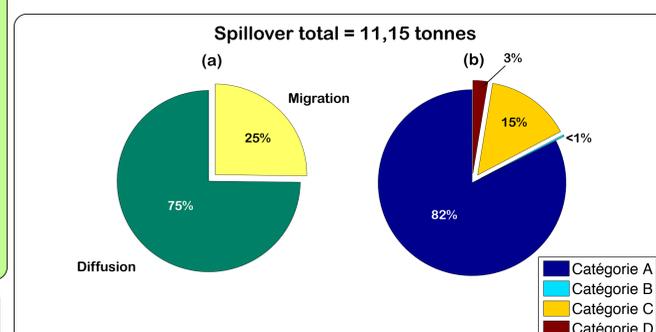


Figure 4 : Distribution du spillover (a) entre les phénomènes de diffusion et migration, (b) par catégorie d'espèces (tableau 1).